

面向医联体的行业云医疗平台研究与应用^{*}

袁 静¹ 黄路非¹ 李 暄¹ 张 敏² 陈 勇³

(¹ 成都市第三人民医院 成都 610031 ² 四川警察学院 泸州 646000

³ 中国联合网络通信有限公司成都市分公司 成都 610000)

[摘要] 目的/意义 针对持续深化医疗卫生体制改革面临的优质医疗资源相对集中、分布不均衡的问题,提出一种新的医联体行业云解决方案和架构。方法/过程 构建开放式一体化医联体行业云平台,研发云应用超市和医联体统一交互服务平台,并在成都市试点区域推广应用。结果/结论 通过医疗云平台及其相关应用,实现成都市第三人民医院医联体与其他 8 家医疗机构信息互联互通,打通医联体之间医疗信息壁垒,有效促进医联体内服务的上下联动,并推动全市医疗行业创新发展。

[关键词] 医联体; 云架构; 统一交互服务平台; 优质医疗资源

[中图分类号] R-058 [文献标识码] A [DOI] 10.3969/j.issn.1673-6036.2023.07.012

Study and Application of Industry Cloud Medical Platform for Medical Alliance

YUAN Jing¹, HUANG Lufei¹, LI Xuan¹, ZHANG Min², CHEN Yong³

¹ Chengdu Third People's Hospital, Chengdu 610031, China; ² Sichuan Police College, Luzhou 646000, China; ³ Chengdu Branch, China United Network Communication Co. Ltd., Chengdu 610000, China

[Abstract] **Purpose/Significance** To solve the problem of relatively centralized and unbalanced distribution of high-quality medical resources in the process of continuously deepening the reform of the medical and health system, and to propose a new industry cloud solution and architecture for medical alliance. **Method/Process** The paper builds an open and integrated cloud platform, develops a cloud application supermarket and a unified interactive service platform, and promotes these applications in the pilot area of Chengdu. **Result/Conclusion** By developing and applying the medical cloud platform, information interconnection between the medical alliance of Chengdu Third People's Hospital and other eight medical institutions can be realized. The medical information barriers between medical alliance can be broken up, the service provision within medical alliance can be effectively promoted, and the innovation of the city's medical industry can be promoted.

[Keywords] medical alliance; cloud architecture; unified interactive service platform; high-quality medical resources

[修回日期] 2023-01-04

[作者简介] 袁静, 高级工程师, 发表论文 5 篇; 通信作者: 黄路非, 博士, 高级工程师。

[基金项目] 国家社会科学基金一般项目 (项目编号: 17BGL189); 四川省科技计划 (项目编号: 2017SZYZF0002); 四川省卫生信息学会科研课题 (项目编号: 2018002)。

1 引言

医联体即“医疗联合体”, 其主要作用是衔接三级医院、二级医院和社区卫生服务机构, 使医疗资源能够在联合体内共同分享。目前, 信息化已成为医联体建设的抓手。随着云计算、微服务、区块链等技术的兴起, 国内已有多个地区将医联体通过

云平台架构进行信息共享和交互。例如,首都医科大学构建医联体内脑卒中协同服务云平台^[1];上海儿童实现基于云平台的区域医联体信息系统,提出信息交互标准化、线上线下业务协同和大数据分析应用解决方案^[2];中山大学附属第一医院基于医联体医疗信息平台实现多医疗机构信息互通、报告互认^[3]。上述医联体通过云平台构架中的基础设施即服务(infrastructure as a service, IaaS)解决基础硬件支持,通过软件即服务(software as a service, SaaS)解决对外数据共享的部分软件支持,一定程度实现了医联体间业务互通,帮助基层医疗机构提升信息化水平。但依然存在院内业务模块缺失或不足以及信息系统间互通成本高、改造周期长等问题。

2015 年成都市第三人民医院在蒲江县建立全市首家纵向性紧密型互通式医联体。以管理一体化和诊疗同质化有效提升基层诊疗能力,促进患者县域内就诊,实现从“医保总控赤字”到“医保总控结余”反转,为成都市落实分级诊疗制度提供可借鉴、可复制、可推广经验。“蒲江模式”探索出新模式和新经验,在推进分级诊疗制度方面取得阶段性成果,实现“小病不出县、双向转诊”。本研究在成都市医联体“蒲江模式”的基础上,构建敏捷、健壮、安全的医联体信息化体系,以解决基层医疗信息化基础不足、信息系统异构性和多样性造成的接口互通难、费用高、周期长等问题,同时保障医联体间数据传输安全。

2 面向医联体的行业云架构体系

2.1 研究目标

研究开放式、一体化、标准化、智能化、面向医联体行业应用的云平台,提供新的医联体行业云解决方案和架构。通过统一数据元标准,保障信息共享;统一界面风格,提高用户体验;统一开发组件,提高开发效率。保障数据存储可靠安全,节约信息化基础建设成本,充分利用多种云服务模式的优势,实现医疗应用统一管理、发布,保障医疗应用“同构不同功”。此外,为解决医联体机构间信

息系统互通难、改造周期长等问题,利用异构集成技术将原本分散在不同系统中的诊疗数据进行汇聚,实现医联体统一交互服务。

2.2 总体架构

在实现云端医疗健康信息互联互通、充分共享、业务协同的基础上,整合互(物)联网、大数据、人工智能、区块链等前沿技术在医疗健康行业的应用,以支撑多种形式医疗联合体组织体制创新和模式创新,见图 1。

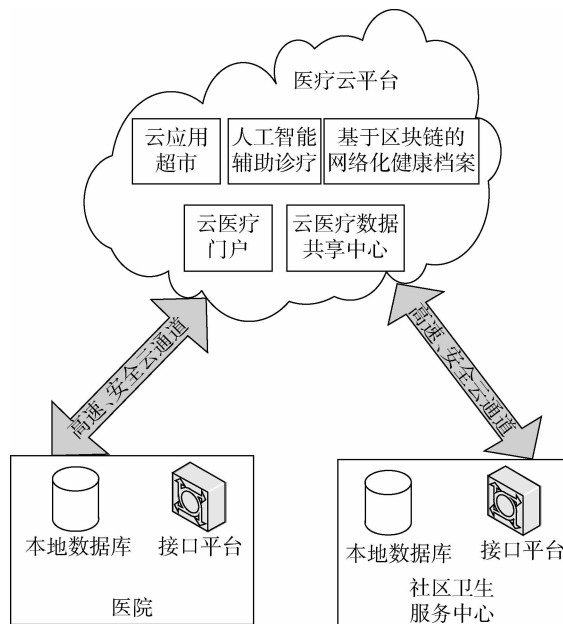


图 1 总体架构

针对服务对象跨区域、跨平台的复杂挑战,医疗云平台基于多云纳管技术,采用混合云架构,在确保安全性的前提下,面向医疗机构提供应用访问、数据处理、主数据服务获取的服务。在医疗云平台基础上研究辅助问诊、病历书写、疾病分类方法,研发新的适用于全科医生的诊疗辅助系统,以提升基层家庭医生的能力^[4]。研究基于区块链的电子病历及健康档案安全共享系统验证模型,在混合云架构基础上,提供新的具有一对多加/解密、细粒度访问控制和敏感信息隐私保护等功能的居民健康档案共享服务^[5]。

医联体内的医疗机构通过数据专线高速、安全地连接到云平台,并获取其所需的应用服务,如医

生工作站、护士工作站等。此外，通过云平台进行医疗机构间的信息交互，实现双向转诊、远程会诊等应用需求。

2.3 实践应用

基于自研私有云，扩展延伸、打造 IaaS、平台即服务（platform as a service, PaaS）、SaaS 3 层架构完整的云医疗平台，实现云基础设施、云医疗应用、区域医联体统一交互服务平台 3 大云服务子平台，以及 10 余个应用系统。通过应用该平台，实现成都市第三人民医院与其他跨行政区域的医联体机构信息互联互通，辐射多个区县的二级以上公立医院和社区卫生服务中心，包括青羊区、成华区、蒲江县、金堂县、邛崃县、都江堰市等，超过 100 名医生使用，并完成千余人次线上/线下培训。

3 云医疗平台技术架构

3.1 云医疗应用

云医疗平台构建高可用、高性能、集群化、易访问的 3 层云计算体系，包括数据层、服务层和应用层，见图 2。作为符合国家标准的数据交换传输平台，提供数据集成、上报、分析等功能；为健康医疗产业软件开发者提供统一的应用开发平台以及规范化的数据访问接口，实现可定制化、可移植、跨平台的业务逻辑系统；为患者提供统一用户视图，记录并展示所有就诊记录；医疗机构能够按照自身业务发展需求灵活增减业务模块。

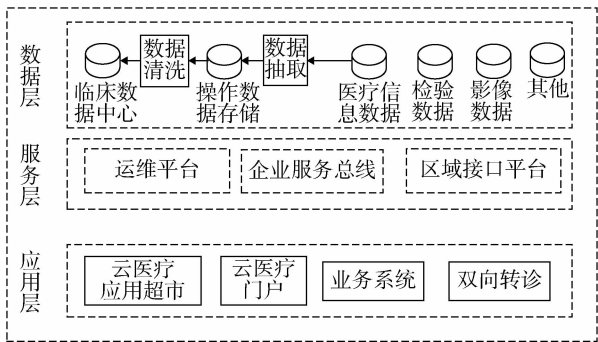


图 2 技术架构

3.1.1 数据层 提供数据集成、应用集成和业务

协同能力，为医联体内部各医疗机构之间医疗数据交换与共享提供数据支撑，实现远程医疗协作及基础医疗业务的数据即时互通共享。同时，完成医疗健康数据获取，经过加工处理后建立以人为中心健康档案，为家庭医生服务提供完整、连续的个人健康数据。

3.1.2 服务层 以云计算为基础底层支撑，分布式服务框架作为医疗微服务治理工具，企业服务总线（enterprise service bus, ESB）作为医疗服务总线，区域医联体统一交互服务平台（以下简称医联体接口平台）为医联体信息互通枢纽。通过远程医疗应用、分级诊疗应用、医院信息系统、放射信息系统等医疗服务云化，解决各医疗机构协同难、资源利用效率低、业务协同度不高、应用可靠性低等问题。

3.1.3 应用层 云医疗应用超市具有资源池化、统一监管、自助式服务、弹性应用等特性，不仅解决了医疗应用部署和运行问题，还统一了发布应用审核流程，使更多优质医疗应用通过平台展示，为更多医疗机构和患者带来便利。基于 SaaS 平台的云医疗应用超市平滑扩展，自动分化、智能升级等功能可以简化医疗应用运维工作。此外，云医疗门户是面向患者端，实现权威信息发布、统一授权认证的模块。

3.2 云医疗应用

3.2.1 云医疗应用设计思路 云医疗服务开放平台是管理信息交互方式的可视化管理平台，主要负责处理数据提供方、数据消费方的数据封装、建模与交互。云医疗服务开放平台的建立有助于将 ESB 管理工作展示给用户，使供应商和医疗机构信息部门规范、高效地协同工作^[6]。对平台中的医疗数据进行分布式统一存储和管理，同时制定数据保护安全策略，保证数据的高可靠和高可用。多层次安全方案可保障使用者访问安全和系统数据安全，同时也为医疗数据共享提供便利。所有应用软件均部署在远端服务器中，使用者无须购买、安装、维护硬件或软件，节约了费用成本。多用户高并发机制支持大量用户同时通过任

何联网设备使用云端应用程序,而不影响访问效率。SaaS 平台中所有用户和应用程序共享统一的公共基础设施和代码库,并进行统一维护。由于各租户中的用户都使用相同的基础设施和代码库,供应商可以更快创新,降低业务升级风险和运行成本。每个医疗机构和医疗应用软件提供商都可以根据业务流程定制应用程序,而不影响公共基础设施。

3.2.2 云医疗应用超市 现有医疗信息化采购模式需要医院花费大量时间和精力进行调研和筛选,成本较高,且不能直观地选出适合需求的软件。对此,本研究提出一种线上医疗应用购买软件新模式,即将现实生活中的超市概念融入医疗信息化中,用户可以在线便捷地体验与选择所需软件。医疗应用超市是围绕医疗服务的个性化应用定制、发布与交易平台,其业务对象主要包括厂商、管理员、医院用户 3 类。其中厂商用户一般指医疗应用开发商,按照应用超市的标准开发应用并发布。医院用户指医联体中的各家医疗机构,可以购买和共享云医疗超市中的应用。管理

员采用分角色、分权限管理模式,由平台提供商、相关监管机构和医联体主管部门进行联合管理。医疗信息应用提供者在云应用超市中发布应用,待管理员审核通过后即可上架。医疗机构可以在云应用超市中选择所需系统,查阅应用功能详细介绍、类型、发布厂商名称、版本日期以及评价等信息。

3.3 区域医联体统一交互服务平台

区域医联体统一交互服务平台能够辅助医院形成一个标准化的、汇集院内各信息系统数据的资源池,作为标准化信息数据的备份中心。同时能够支撑跨医院、跨区域的远程病历讨论、会诊和教学。医联体接口平台以功能即服务(function as a service, FaaS)为设计思想,便捷开发为主线,无须编码就快速生成微服务应用程序接口(application programming interface, API),并且快速发布到平台对外提供服务。通过可视化进行应用程序开发的方法,在图形化用户界面进行接口开发和数据操作,见图 3。

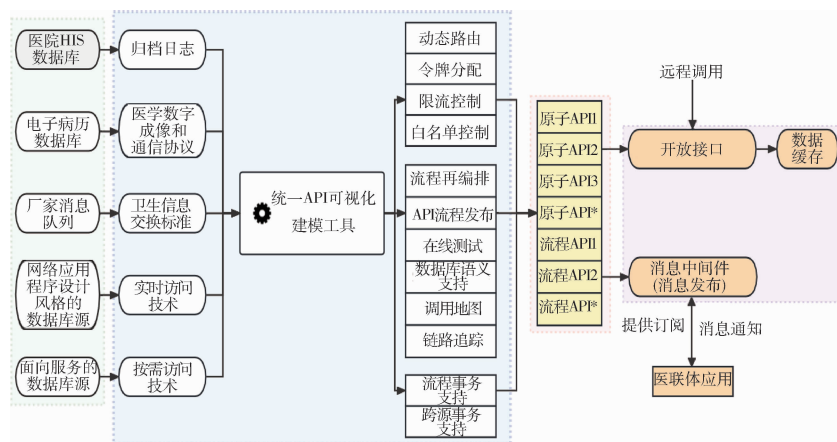


图 3 医联体接口平台架构

医联体接口平台可快速接入院内多种数据库,将汇集到的数据经过清洗、校验、转换实现标准化。通过统一的建模和流程设计,生成多个原子 API。原子 API 是平台基本的数据获取接口,提供数据库数据、第 3 方 API 封装、第 3 方 Web-Service 接口或队列消息生产接口。将医疗活动重新组合形成新业务是 API 流程设计最大的特点。

通过组合不同的原子 API,形成一个新的具备一定复杂业务的流程 API。医疗机构用户可通过可视化流程设计图更快地进行业务重构和创新。用户使用拖拽组件和模型驱动逻辑创建医疗领域应用接口,在界面上创建数据主题,并对该主题的消费与生产进行监控,可随时跟踪数据生产与消费情况。

在实际应用中,医联体接口平台程序可部署在本地前置设备中,降低基层医疗机构的购置成本与集成难度。在医联体信息互通建设中,主要依靠医联体接口平台“屏蔽”各医疗机构信息系统差异,向上层应用系统提供统一接口。这样可以有效提高互通效率,各医疗机构只需要提供前置设备即可,无论是在物资、人力上都可以减轻医联体互通成本,是打通医联体信息互通“最后一公里”的关键枢纽。

4 应用效果

本研究对超过 8 家医联体医疗机构,1 200 余名医疗从业人员进行系统使用培训,主要包括双向转诊、云应用超市、人工智能辅助诊疗系统、区块链电子健康档案共享系统等,收回用户单位应用报告 30 余份,对基层超过 120 名医疗从业人员进行问卷调查。在试运行推广过程中实际使用过相关应用的占比达到 81%,各应用中使用比例最高的是云医疗全科医生智能工作站、双向转诊系统和云医疗应用超市。73% 的被调查者认为使用本应用系统,基层医疗机构通过云平台模式无须进行重复建设就可以像买水、买电一样购买信息技术资源^[7],医疗管理者能够更专注于提升医疗资源发展和创新能力,并集中人力、物力进行业务和管理创新。92% 的被调查者认为在成都市试点区域开展医疗联合体样板建设,在信息化新技术的有力支撑下,能调整优化医疗资源结构布局,促进医疗卫生工作重心下移和资源下沉,提升基层服务能力,促进医疗资源上下贯通,提升医疗服务体系整体效能,更好地实施分级诊疗和满足群众健康需求。91% 的被调查者认为,医疗云平台能打通医联体之间医疗信息壁垒,并使区域内医院产生协同作用。

通过开发和应用医疗云平台,有效解决了就医难题,方便公众就医,为服务对象营造了优质、便捷、高效的医疗服务环境。例如,成都市青羊区部分社区卫生服务中心与市级三甲医院建立全科联合

病区,借助云转诊平台不仅促进了上下转诊,还实现了“人未到信息先到,医务人员已准备就绪”的高效服务供给。

5 结语

本研究针对四川省在持续深化医疗卫生体制改革过程中面临的优质医疗资源相对集中、分布不均衡等问题,遵循“政府主导,问题导向,信息技术支撑,模式创新,分步实施”原则^[8],通过在成都市试点区域开展医疗联合体样板建设,调整优化医疗资源结构布局,实现混合云架构的云医疗平台。该平台已连接 10 余个跨行政区域的医联体机构,创新实现云应用超市等医疗应用,并通过区域医联体统一交互服务平台快速、低成本地实现医联体信息互通,目前国内处于先进水平。

本研究在推广中发现一些问题,例如,在医联体互通之前的沟通非常重要,需要双方互相信任并建立友好合作关系;医联体内缺乏有效互利共赢机制。此外,医保制度仍对医联体的有效运行有一定制约^[9]。因此本研究提出以下建议:健全医联体内部沟通协调机制;积极开展医联体内利益分配机制建设,并以制度形式实施;加快探索医保创新模式,打通双向转诊的医保“绿色通道”。

下一步将继续优化云医疗平台整体架构,完善新一代数据中台、业务中台和智能中台;为业务流程融合互通提供强大支撑,提升云医疗平台一体化程度,提升医联体、医疗机构、从业人员和公众的服务体验。在现有基础上建议由政府主管部门主导^[10]、加大省内全域范围推广应用的投入,基于“单病种+签约管理”构建利益性医联体,以单病种输出赋能打造区域全周期健康闭环管理,提升重大慢病和专科疾病整体综合管理水平和能力,推进传统医学模式向现代医学模式转换,进一步改善医患关系。

(下转第 92 页)

结合分层存储技术，保障数据调阅性能；在数据保护技术选择上，可以采用存储底层硬件“单写式”双活系统集成技术，确保数据安全冗余和成本低廉，形成性价比较高的综合解决方案。

5 结语

医疗大数据不仅保障医院日常业务运行，同时还服务于机构科研创新等方面，医疗大数据安全保护十分关键^[13]。通过对不同层面双活系统集成技术的研究与合理应用，可以为医院医疗信息数据及业务连续性保护提供一定支撑，提高医院网络信息安全水平，使信息化、大数据更好地服务于医疗健康事业。

参考文献

1 李岳峰, 胡建平, 庾兵兵, 等. 医院信息化功能与技术标准框架设计与探讨 [J]. 中国卫生信息管理杂志, 2022, 19 (3): 390 - 394.

2 刘同柱, 王德斌, 徐兵, 等. 智慧医院建设标准体系研究及实施策略 [J]. 中国卫生信息管理杂志, 2020, 17 (6): 715 - 720.

3 张琼瑶, 黄基, 李倩文, 等. 基于人工智能的大数据治

理平台实践与探索 [J]. 中国数字医学, 2021, 16 (10): 31 - 36.

4 魏智, 黄昊. 医院双活数据中心的设计与应用 [J]. 网络安全和信息化, 2022 (5): 63 - 65.

5 曹凯. 基于 SDN 的双活 HCI 超融合架构在医疗信息化建设中的应用 [J]. 电子技术与软件工程, 2022 (10): 34 - 38.

6 上官斌. 关于大型数据库双活难点问题研究 [J]. 电脑知识与技术, 2022, 18 (8): 23 - 25.

7 许增海, 黄匡时. 我国健康医疗大数据的现状、问题及对策 [J]. 中国数字医学, 2017, 12 (5): 24 - 26.

8 王灵芝, 郝明. 医疗大数据的特征及应用中的伦理思考 [J]. 医学与哲学 (A), 2017, 38 (4): 32 - 35.

9 庄一峰. 基于大数据背景的医院网络信息安全防范分析 [J]. 网络安全技术与应用, 2020 (11): 138 - 140.

10 王靖夫. 大数据平台数据安全体系架构研究 [J]. 网络安全技术与应用, 2020 (11): 76 - 77.

11 韦鑫, 李星霖. 基于电子病历系统应用评价标准的合理用药系统建设实践 [J]. 无线互联科技, 2020, 17 (17): 60 - 61.

12 原国家卫生和计划生育委员会. 基于电子病历的医院信息平台技术规范 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.

13 张振, 杨翠涓, 徐静, 等. 健康医疗大数据应用发展现状与数据治理 [J]. 医学信息学杂志, 2022, 43 (7): 2 - 8.

(上接第 77 页)

参考文献

1 杨晓光, 马力, 李娜, 等. 医疗联合体内基于云计算系统的脑卒中分级诊疗模式研究 [J]. 中国全科医学, 2018, 21 (4): 462 - 464, 470.

2 王森, 于广军, 刘海峰, 等. 基于云平台的区域医联体信息系统研究与实现 [J]. 中国医院, 2017, 21 (8): 19 - 23.

3 王毅, 张芳, 宋凡, 等. 医联体医疗信息平台研究与应用 [J]. 医学信息学杂志, 2022, 43 (3): 62 - 65.

4 郑少宇, 滕飞, 马征, 等. 支持临床决策的医学知识图谱的构建与应用 [J]. 重庆医学, 2021, 50 (1): 163 - 166.

5 张文芳, 陈桢, 刘旭东, 等. 支持细粒度属性直接撤销的 CP - ABE 方案 [J]. 软件学报, 2019, 30 (9):

2760 - 2771.

6 赵霞, 李小华. “十四五”期间医院信息化建设发展的若干思考 [J]. 中国医院, 2021, 25 (1): 64 - 66.

7 袁静, 张敏, 李暄, 等. 基于容器云的医联体应用模式创新研究 [J]. 医学与社会, 2019, 32 (11): 27 - 31.

8 汤佳, 申俊龙, 王静成, 等. 基于公共价值理论视角下医联体发展路径研究 [J]. 中国医院, 2020, 24 (5): 29 - 31.

9 陈有兰, 李伟, 陈渝. 我国医联体现状研究及发展策略 [J]. 中国医院, 2020, 24 (8): 1 - 3.

10 苗豫东, 吴建, 张亮, 等. 分级诊疗制度变迁回溯及“十四五”期间的关键政策建议 [J]. 中国卫生政策研究, 2021, 14 (3): 1 - 6.